



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

문서 영상에서 전처리를 통한  
왜곡 보정 및 효율적인 표 검출

Efficient Table Detection in Document Images  
Through Preprocessor for Distortion Correction

2019년 8월

서울대학교 대학원

전기·정보 공학부

정 지 철

# 문서 영상에서 전처리를 통한 왜곡 보정 및 효율적인 표 검출

Efficient Table Detection in Document Images  
Through Preprocessor for Distortion Correction

지도교수 조 남 익

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함  
2019년 8월

서울대학교 대학원  
전기·정보 공학부  
정 지 철

정지철의 공학석사 학위논문을 인준함  
2019년 8월

위 원 장 \_\_\_\_\_ (인)

부위원장 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

## 초록

스마트폰, 디지털 카메라 등 전자기기의 발달로 기존의 평판 스캐너를 이용한 방식 뿐 아니라 카메라로 문서 영상을 취득하는 경우가 많아졌다. 이렇게 카메라로 취득한 문서영상에는 기존의 평판 스캐너로 취득한 방식과는 달리 다양한 왜곡이 존재한다. 따라서 스캐너는 물론, 카메라 등을 통해 취득한 문서 영상 내부에 포함된 텍스트, 그림, 표 등의 구성 요소를 파악하기 위해서는 왜곡을 보정 하는 작업이 요구된다. 또한 텍스트로만 이루어진 문서 영상과는 달리 표, 그림 등의 다양한 구성요소가 포함된 경우에는 문서 영상 구조를 분석하는 것이 더욱 어렵다. 따라서 본 논문에서는 다양한 문서 영상 취득 방식에 따른 왜곡을 전처리 과정을 통해 보정 하고 표를 검출하는 알고리즘을 제안한다. 스캐너로 취득한 문서 영상은 주로 기울어짐 왜곡이 존재하며, 카메라로 취득한 문서 영상은 주로 시점 왜곡이 존재하므로 이러한 기하학적 왜곡을 보정 하기 위해 전처리를 거친다. 또한, 광학적인 왜곡에 대응하기 위해서 이진화(binrarization) 작업을 수행한다. 표는 선으로만 이루어져 있으므로 모든 선들을 검출하여 각 선들의 교차점을 구하여 레이블링 과정을 통해 표를 검출하는 방식을 택하였다. 다만 이러한 방식을 이용한 기존의 연구에서는 완벽하게 네 모서리의 교차점이 존재하지 않는 양 옆이 열려 있는 표의 검출이 어렵다는 단점이 있다. 따라서 선을 검출한 결과를 바탕으로 선의 양 끝점을 찾아내는 방식을 통해 열린 표의 검출도 가능하게 하였다. 실험 결과, 평판 스캐너 및 카메라로 취득한 문서 영상에 대해 기울어짐 왜곡과 시점 왜곡을 보정 한 후 표의 검출이 성공적으로 이루어짐을 확인할 수 있었다. 제안한 방법으로 표 검출 시 왜곡



을 보정 하지 않는 경우에 비해 표를 더 잘 검출함을 확인할 수  
있으며 열린 표의 경우에도 검출 가능한 것을 확인 할 수 있다.

주요어 : 표, 표 검출, 표 서식 문서 영상, 왜곡 보정, 전처리기

학 번 : 2014-21700

## 목 차

초록 .....	i
목차 .....	iii
표 목차 .....	v
그림 목차 .....	vi
제 1 장 서론 .....	1
1.1 연구의 배경 .....	1
1.2 연구의 목적 및 내용 .....	2
1.3 논문의 구성 .....	3
제 2 장 기존 연구 .....	4
2.1 전처리기 .....	4
2.2 표 검출 .....	5
제 3 장 제안하는 방법 .....	9
3.1 전처리기 .....	10
3.1.1 전처리기의 변화 .....	10
3.1.2 기울어짐 왜곡 및 시점 왜곡의 보정 .....	12
3.2 표 검출 .....	14

3.2.1 Adaptive Threshold 알고리즘을 이용한 이진화	14
3.2.2 양쪽이 열린 표의 검출 .....	17
제 4 장 실험결과 .....	21
제 5 장 결론 .....	39
참고문헌 .....	41
Abstract .....	44

## 표 목 차

표 4.1 각 왜곡 제거에 따른 표 검출률 .....	22
-------------------------------	----

## 그 립 목 차

그림 2.1 기존 연구의 전체 블록 다이어그램 .....	5
그림 3.1 제안하는 방법의 전체 블록 다이어그램 .....	10
그림 3.2 전처리기의 기존 방법 및 제안하는 방법 .....	11
그림 3.3 기울어짐 왜곡 보정 전후 결과 .....	13
그림 3.4 시점 왜곡 보정 전후 결과 .....	13
그림 3.5 레티넥스 알고리즘을 이용한 이진화 및 표 검출 결과 (Th=0.1) .....	16
그림 3.6 레티넥스 알고리즘을 이용한 이진화 및 표 검출 결과 (Th=0.05) .....	16
그림 3.7 Adaptive Gaussian Threshold 알고리즘을 이용한 이진화 및 표 검출 결과 .....	17
그림 3.8 기울어짐 왜곡이 있는 경우 열린 표 검출 결과	19
그림 3.9 기울어짐 왜곡이 있는 경우 열린 표 양 끝점 검출 결과 .....	19
그림 3.10 시점 왜곡이 있는 경우 열린 표 검출 결과 .....	20
그림 3.11 시점 왜곡이 있는 경우 열린 표 양 끝점 검출 결과 .....	20
그림 4.1 기울어짐 왜곡이 존재하는 하나의 표에 대한 실험 결과: (a) 입력 영상 (b) 기울어짐 왜곡 보정 후 영상 (c) 이진화 결과 영상 (d) 표 검출 결과 영상 .....	23

그림 4.2 기울어짐 왜곡이 존재하는 두 개 이상의 표에 대한 실험 결과: (a) 입력 영상 (b) 기울어짐 왜곡 보정 후 영상 (c) 이진화 결과 영상 (d) 표 검출 결과 영상	25
그림 4.3 시점 왜곡이 존재하는 하나의 표에 대한 실험 결과: (a) 입력 영상 (b) 시점 왜곡 보정 후 영상 (c) 이진화 결과 영상 (d) 표 검출 결과 영상	27
그림 4.4 시점 왜곡이 존재하는 두 개 이상의 표에 대한 실험 결과: (a) 입력 영상 (b) 시점 왜곡 보정 후 영상 (c) 이진화 결과 영상 (d) 표 검출 결과 영상	29
그림 4.5 기울어짐 왜곡 및 내부에 닫힌 표가 한 개 이상 존재하는 열린 표에 대한 실험 결과: (a) 입력 영상 (b) 기울어짐 왜곡 보정 후 영상 (c) 이진화 결과 영상 (d) 표 검출 결과 영상	31
그림 4.6 시점 왜곡 및 내부에 닫힌 표가 한 개 이상 존재하는 열린 표에 대한 실험 결과: (a) 입력 영상 (b) 시점 왜곡 보정 후 영상 (c) 이진화 결과 영상 (d) 표 검출 결과 영상	33
그림 4.7 기울어짐 왜곡이 있고, 닫힌 표 없이 내부에 교차점이 존재하는 열린 표에 대한 실험 결과: (a) 입력 영상 (b) 기울어짐 왜곡 보정 후 영상 (c) 이진화 결과 영상 (d) 표 검출 결과 영상	35
그림 4.8 시점 왜곡이 있고, 닫힌 표 없이 내부에 교차점이 존재하는 열린 표에 대한 실험 결과: (a) 입력 영상 (b) 시점 왜곡 보정 후 영상 (c) 이진화 결과 영상 (d) 표 검출 결과 영상	37

# 제 1 장

## 서론

### 1.1 연구의 배경

현대 사회에서는 전자기기의 보급으로 인해 문서를 데스크톱 컴퓨터, 스마트폰, 태블릿 PC 등으로 보는 빈도가 늘어났지만, 여전히 종이로 출력해서 문서 영상을 보는 경우도 많다. 출력을 위한 기기인 프린터의 발달에 따라 전자기기에서 출력물로의 변환은 쉽게 하지만, 문서 영상을 전자기기로 인식하는 부분은 아직 미완성 단계이다. 기술의 발달로 인해 비디오 영상 등의 다른 수단이 발달했음에도 불구하고 문서 영상의 중요성은 여전하다. 스마트폰, 디지털카메라 등의 보편화는 오히려 문서 영상을 보다 효율적으로 이용하는 것을 가능케 한다. 문서 영상에서 다양한 구성요소를 파악하는 것이 중요해졌으며 이를 통해 문서 영상에서의 정보를 전자화시켜 이를 인식하는 것에 기여 한다.

문서 영상 인식은 구성요소를 문자, 표, 그림 등으로 분류하여 이에 따른 정보를 전자화시켜 인식하는 작업이다. 기존에는 주로 평판 스캐너를 통해 취득한 평판 영상에 대해서만 수행하였다면, 최근 스마트폰 등의 발전으로 인해 기하학 및 광학적인 왜곡이 있는 문서 영상에서도 문서 인식 작업이 요구된다 [1]. 또한 텍스트 위주의 일반 문서는 OCR 등을 통해 이미 다양한 곳에서 응용되고 있는 반면 [2], 복잡한 표/그림 등을 포함한 문서 영상의 인식은 어려운 경우가 많다. 실제 관공서, 회사

등의 각종 문서에서는 표/그림 등을 포함한 경우가 빈번하므로 이에 대한 보다 많은 연구가 필요하다.

## 1.2 연구의 목적 및 내용

기존 연구는 평판 스캐너로 취득된 문서 영상에서 내부 구성요소를 검출하는 것에 국한된 경우가 많으며, 스마트폰, 디지털 카메라 등으로 취득한 문서 영상에 대해서도 내부 구성요소를 검출하는 방법에 대한 연구가 부족하다. 다양한 방식으로 취득한 문서 영상의 경우에 기하학적 및 광학적인 왜곡이 존재하여 내부 구성요소 검출을 어렵게 한다. 특히 기하학적 왜곡의 경우, 평판 스캐너로 취득한 문서 영상은 주로 기울어짐 왜곡이, 카메라로 취득한 문서 영상은 주로 시점 왜곡이 존재하여 각기 다른 왜곡이 존재함에도 불구하고 이를 각각에 대해 서로 다른 방법을 이용하는 경우가 적다. 또한 광학적인 왜곡을 제거하기 위해 레티넥스(Retinex) 알고리즘을 이용한 경우가 많으나 이는 문턱값(Threshold)을 미리 결정하여야 하며 이 값에 따라 성능이 좌우된다는 단점이 존재한다 [3]. 또한 기존 연구에서는 닫힌 표의 경우에만 표의 검출이 가능하여 양 옆이 열린 표의 경우 검출이 잘 이루어지지 않았다 [4].

따라서 본 논문에서는 기하학적 및 광학적인 왜곡을 보정 하기 위한 전처리 작업을 수행한다. 기하학적 왜곡의 경우, 평판 스캐너로 취득한 문서 영상에 주로 존재하는 기울어짐 왜곡을 보정하며, 카메라로 취득한 문서 영상에 주로 존재하는 시점 왜곡을 보정하는 과정을 통해 효과적인 표의 인식 등을 가능케 한다. 또한 광학적인 왜곡의 경우 이진화 과정을 거쳐 제거하는 방식을 택한다. 이때 레티넥스 알고리즘 대신 Adaptive Gaussian Threshold 알고리즘을 사용하여 문턱값을 임의로 결정하기보다는 주변 픽셀의 정보를 통해 이를 결정함으로써 이진화 과정을 수행하여 보다 효율적인 표의 검출을 가능하게 한다 [5]. 마지막으로 교차점이 모두 존재하여 닫혀 있는 표의 경우에만 검출되는 기존의 방법을 개선하기 위해 교차점이 다 존재하지 않아도 표 내부에 존재하는 교차점을 통



해 그 점으로부터 수평선을 따라 각 끝점을 구하는 방식으로 표를 검출하는 방법을 제안한다. 이를 통해 양 옆이 열린 표의 경우에도 검출할 수 있게 된다.

본 논문에서는 문서 영상의 구성요소 중 특별히 표를 검출하는 데 초점을 맞춘다. 스캐너 및 카메라로 취득한 문서 영상에 대해 기울어짐과 시점 왜곡을 보정 하고, 표 검출 순서로 전체적인 알고리즘을 진행한다. 그리고 실험을 통하여 왜곡 제거 전/후의 표 검출 성능을 비교한다.

### 1.3 논문의 구성

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 문서 영상 인식에서 적용되는 전처리기와 표의 검출에 대한 기존 연구를 소개한다. 3장에서는 본 논문에서 사용한 전처리기와 효율적으로 표의 검출을 위한 알고리즘을 설명한다. 4장에서는 제안하는 알고리즘을 통하여 얻은 실험 결과를 제시하고 이를 분석한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

## 제 2 장

### 기존 연구

이 장에서는 문서 영상 인식에 관한 기존의 연구들을 소개한다. 문서 영상 인식에서 영상을 취득하는 과정에서 발생하는 왜곡을 처리하기 위한 전처리기 방식에 대하여 논의한다. 또한, 문서 영상에서 구성 요소인 표를 검출하기 위한 다양한 선행 연구가 존재하므로 이를 소개하고자 한다.

#### 2.1 전처리기

Gatos 등은 [6]에서 스캔된 문서영상에 대해 전처리를 거친 후 표를 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 전처리는 이진화와 화질 개선을 하는 부분과 기울어짐 왜곡을 보정 하는 부분, 잡음이 포함된 경계를 제거하는 부분으로 구성되었다. 이러한 전처리를 거친 후, 수평 및 수직의 선들을 검출하여 그 선들의 교차점을 찾아 교차점의 형태에 따라 표를 검출하였다. 이는 표의 행과 열이 선으로 이루어져야 하며, 스캔된 문서영상에서 기울어짐 왜곡만 존재하는 경우에만 작동한다는 한계가 있다.

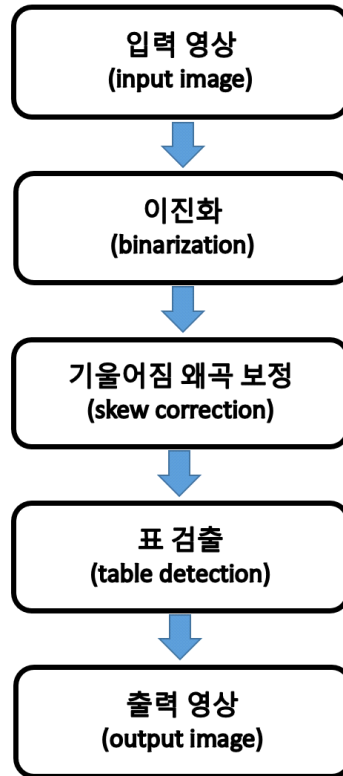


그림 2.1 기존 연구의 전체 블록 다이어그램

## 2.2 표 검출

Kieninger 등은 [7]–[9]에서 단어를 블록화한 문서영상을 입력으로 받아 표의 구조를 검출하는 시스템인 T-Rec을 이용하는 알고리즘을 제안하였다. 이 방법에서는 입력으로 받은 블록화된 단어 상자를 bottom-up 접근 방식을 사용하여 분할 그래프(segmentation graph)로 클러스터링한다. 텍스트 라인에 의한 클러스터링 그래프와 블록화된 단어 클러스터링 그래프가 다른 구조를 가진다는 점을 활용하여 표가 있는지를 검출하는 기법이다. 이 알고리즘은 전적으로 블록화된 단어 상자를 대상으로 작동하기 때문에 복수의 행 (multi-column)으로 구성된 표의 경우에는

작동이 어렵다는 단점이 있다. Hu 등은 [10]에서 입력 영상이 단수의 행 (single-column)으로 구성된 표를 검출하는 방법을 제안하였다. 수직의 프로젝션 방법 등에 의해 개개의 텍스트라인으로 분할하여 최적화 함으로써 표를 검출한다. 다만 복수의 행 (multi-column)으로 구성된 표의 경우에는 작동이 어렵다는 한계가 있다. Shafait 등은 [2]에서 불균일 문서 영상(heterogenous document)에서 표 검출 알고리즘을 제안하였다. 이 방법은 기존의 방법과는 달리 복수의 행 (multi-column)으로 구성된 문서 영상에서도 작동한다는 장점이 있다. 문서에서 표 사이에 상당한 탭이 존재한다는 것을 이용하여 영역을 나눈 후에 각각을 분할된 블록으로 묶고 그에 따라 각각의 블록에서 표의 행을 검출한다. 이 시스템은 오픈 소스인 Tesseract OCR 엔진에 통합되어 있으며, 거시적인 측면에서 잘 작동하지만, 데이터 기반의 방법이 아니라는 점에서 한계가 있다. Wang 등은 [11]에서 통계적인 접근법을 제시하였다. 구체적으로 이 방법에서는 연속적인 단어들 간의 거리를 통해 표의 선을 검출하는 방법을 제안하였다. 수평적인 연속적인 단어들은 수직 인접 라인들과 함께 그룹화되어 표의 후보로 판단하고, 이웃 된 단어들 사이의 거리가 먼 것들을 표 내부의 구성요소일 가능성이 높다고 판단하였다. 문서영상에서 행의 갯수의 최대치는 2개로 제한되며, 3종류의 특정한 구조(1개의 행, 2개의 행, 혼합된 행)하에서만 작동하도록 설계되었다. 이 알고리즘은 특정한 구조에서만 작동하도록 설계되었다는 점에서 한계가 있다.

Harit 등은 [12]에서 표의 시작과 트레일러 패턴 (trailer pattern)을 이용하여 표를 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 이는 표의 시작점과 그 패턴을 이용한다는 점에서는 새로운 기법이었으나, 표의 시작 패턴이 문서에서 독특한 특징을 갖지 않는다면 잘 작동하지 않는다는 단점이 있다. Gatos 등은 [6]에서 수평선 및 수직선 간의 교차점을 찾아 표를 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 전처리를 거친 문서 영상에서 수평 및 수직의 선들을 우선 검출하고, 이후 선들이 교차하는 점을 찾아 교차점의 형태에 따라 표를 검출한다. 교차점들을 서로 짝지어 수평선과 수직선들을 연결하여 표의 구조를 재구성한다. 이는 표의 행과 열이 선으로

이루어진 표에 대해서만 작동한다는 한계가 있다.

e Silva 등은 [13]에서 Hidden Markov Models (HMMs)를 이용하여 표를 검출하는 것을 제안하였다. 이는 기존의 다른 알고리즘이 스캔된 문서에서 작동하는 것과는 달리 PDF에서 추출된 정보를 바탕으로 한다는 점에서 의의가 있다. 표 검출을 위해 사용된 특징 벡터 (feature vector)는 텍스트 간의 여백 정보를 이용하여 계산을 수행하였다. 이는 잡음이 전혀 없는 non-raster PDF에서만 작동한다는 단점이 있다. Kasar 등은 [14]에서 입력 영상의 행과 열의 선들을 분리하기 위해 run-length 방법을 사용하여 표를 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 각각의 행과 열의 선들로부터 특징을 추출하여 이를 Support Vector Machine (SVM)에 통과시켜 표를 검출하였다. 이는 heuristic 한 규칙이나 user-defined 변수가 없다는 장점이 있으나 뚜렷한 선으로 이루어진 표에서만 작동한다는 한계가 있다.

Hao 등은 [15]에서 딥러닝 (deep learning) 방식을 이용하여 표를 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 이는 미리 정해놓은 규칙에 따라 특정 영역을 제안하고 이를 CNN에 통과시켜 그 영역이 표인지 여부를 결정한다. 다만, 복수의 행 (multi-column)인 표의 경우 표 영역이라고 미리 규칙을 정하기가 어렵고, non-raster PDF에서만 작동한다는 단점이 있다. Jahan 등은 [16]에서 입력 영상의 표로부터 각 단어의 공백과 선의 높이 등의 정보를 추출하여 지역 문턱값을 사용하는 방법을 제안하였다. 이는 표 주변이 텍스트로 둘러싸인 경우에만 작동하며 비어있는 표의 경우에는 검출이 어렵다는 단점이 있다. Anh 등은 [17]에서 hybrid 방법을 통해 표를 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 이는 입력 영상을 텍스트가 있는 영역과 텍스트가 없는 영역으로 분리하여 표 영역 후보를 찾기 위해 hybrid 방법을 사용하였다. 다만, 복수의 행 (multi-column)이 있는 경우에는 검출이 어렵고, 잡음보정을 위한 heuristic 필터를 사용하지 않고 스캔된 문서영상에서는 잘 작동하지 않는다는 한계가 있다.

Gilani 등은 [18]에서 Faster R-CNN을 적용하여 딥러닝 방식을 이용한 표 검출 알고리즘을 제안한다. 입력 영상을 이미지변환을 우선 수행

하여, Faster R-CNN 모델을 적용하기 쉽게 하고, Region Proposal Networks(RPN)과 Fast R-CNN으로 구성된 Faster R-CNN을 통해 표를 검출한다. 다만 이는 영역 제안(region proposal)에서의 오차가 있다면 매우 부정적인 결과를 초래하며, 복수의 검출이 힘들다는 단점이 있다.

## 제 3 장

### 제안하는 방법

본 논문에서는 평판 스캐너 및 카메라로 취득한 문서 영상에 대해 기하학적 및 광학적인 왜곡을 보정 하는 전처리 작업의 수행을 통해 표 및 텍스트 라인을 효율적으로 검출한다. 기하학적 왜곡을 보정 하기 위한 과정으로, 스캐너로 취득한 문서 영상의 경우에는 기울어짐 왜곡을 Skew Correction 과정을 수행하여 보정 하며, 카메라로 취득한 문서 영상의 경우에는 시점 왜곡을 Rectification 과정을 수행하여 보정 한다. 또한 광학적인 왜곡을 보정 하기 위해서 이진화 과정을 거쳐야 하는데 기존의 레티넥스 방법 [3] 대신 Adaptive Gaussian Threshold 알고리즘 [5]을 사용하였다. 또한 기존 연구 [4]에서는 열린 표의 경우 검출이 어려웠으므로 이를 검출하기 위한 방법을 제안한다.

제안하는 방법을 위한 전체적인 과정을 블록 다이어그램으로 나타내면 그림 3.1과 같다.

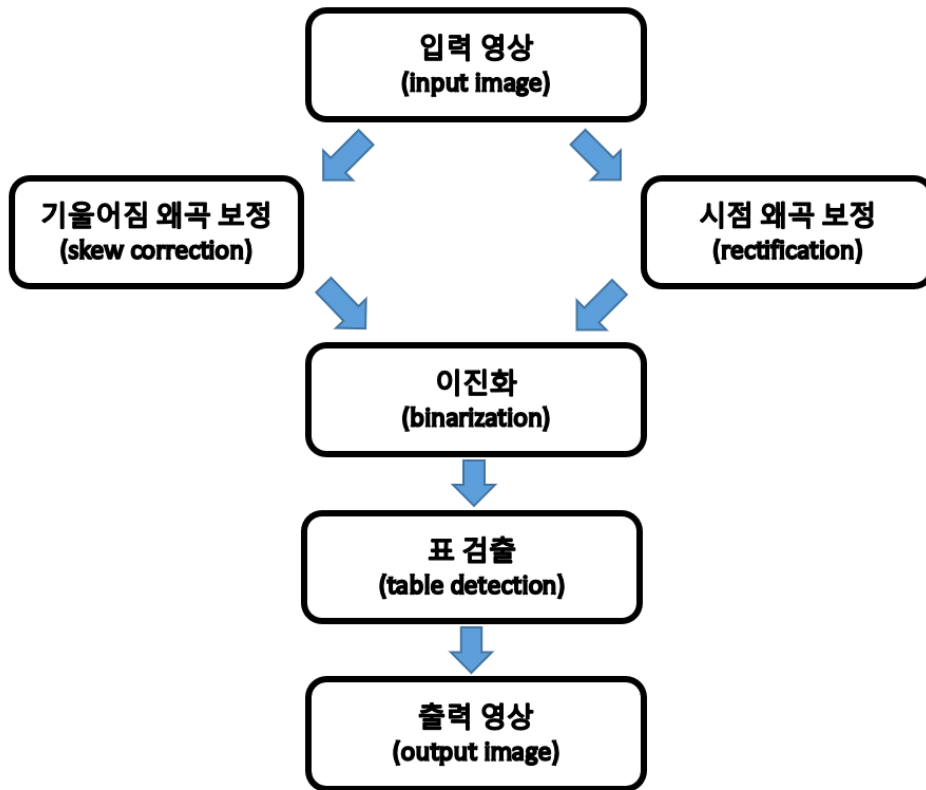


그림 3.1 제안하는 방법의 전체 블록 다이어그램

## 3.1 전처리기

전처리를 통해 기하학적 왜곡 및 광학적 왜곡을 보정 하는 과정을 설명한다.

### 3.1.1 전처리기의 변화

문서 영상이 입력으로 주어졌을 경우 텍스트, 그림, 표 등의 다양한 구성 요소를 구분할 수 있는 것이 중요하다. 문서 영상을 다양한 방법으로 취득할지라도 전자화시킬 수 있다면 문서 영상 인식 발전에 기여할



수 있다. 특히 표 검출의 경우, 기존의 방법들이 기하학적 및 광학적인 왜곡이 있거나 복수의 행의 경우에는 잘 작동하지 않는 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 기울어짐 및 시점 왜곡이 있는 문서 영상에 대해 전처리를 거친 후 표를 검출하는 알고리즘을 제안한다. 전처리를 통해 기울어짐 왜곡 및 시점 왜곡을 보정 한 후 이진화 과정을 거쳐 보정된 영상에서 표를 검출하여 출력할 것이다.

기존 연구의 경우, 기울어짐 왜곡 및 시점 왜곡 보정 전에 이진화 과정을 거쳤지만 [6], 본 논문에서는 기울어짐 왜곡 및 시점 왜곡 보정 후에 이진화 과정을 거치는 방법을 제안한다. 이는 기울어짐 왜곡 및 시점 왜곡을 보정함에 있어 반드시 이진화 과정이 필요한 것이 아니며 컬러 영상에 대해서도 왜곡을 보정할 수 있음을 시사한다. 다만, 표 검출의 경우에는 이진화 과정을 거쳐 선을 분리하여 추출해내는 것이 필요하기에 이진화 과정을 거친다. 전처리의 기존의 방법과 제안하는 방법을 그림 3.2으로 나타낸다.

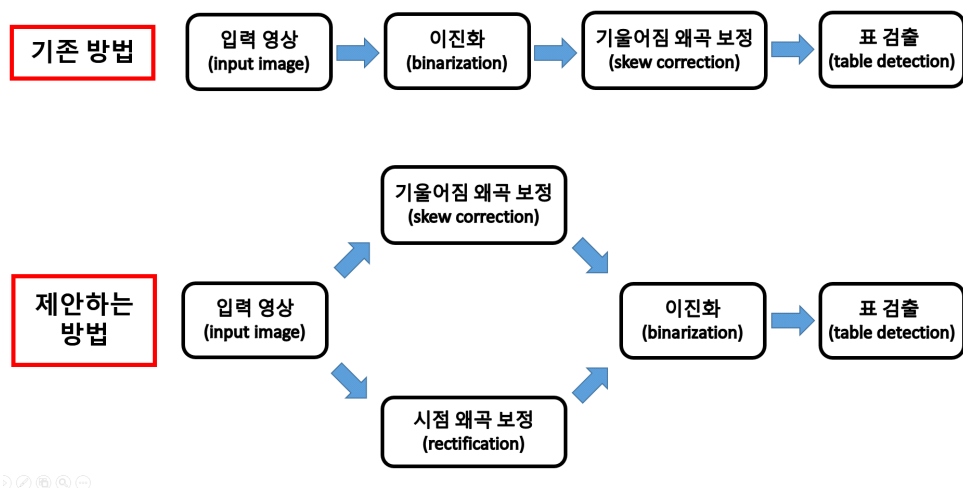


그림 3.2 전처리의 기존 방법 및 제안하는 방법

### 3.1.2 기울어짐 왜곡 및 시점 왜곡의 보정

입력영상이 주어졌을 때, 기하학적인 왜곡은 기울어짐 왜곡을 보정하거나 시점 왜곡 보정 과정을 통해 해결한다. 이를 위해 기존의 [19], [20]의 알고리즘을 이용하여 보정하였으며, 이를 수행하는 방법은 다음과 같다.

#### 기울어짐 왜곡의 보정

기울어짐을 보정 하는 것은 평판 스캐너로 취득된 문서에서 회전에 의한 왜곡(distortion)을 제거하는 과정이다 [19]. 이를 위해서는 엣지 검출(Edge detection)을 하여 그 결과를 바탕으로 선을 검출하고(Line detection) 검출된 선들의 각도들을 종합하여 (weighted voting) 문서의 기울어짐(skew)을 예측한다. 주어진 방법을 통해서는 최대 약 45도 정도의 기울어짐 왜곡을 보정 할 수 있다.

#### 시점 왜곡의 보정

시점 왜곡을 보정하는 것(rectification)은 일반 카메라로 촬영된 평면 문서 영상에서 시점에 의한 왜곡(perspective distortion)을 제거하는 과정이다 [20]. 이 방법에서는 선의 정렬을 평가하는 비용함수를 도입하여 이를 최소화하는 homography 행렬을 구하는 과정을 거친다. 이를 통하여 특이점들을 검출하여 최적화 과정을 거쳐 시점 왜곡을 보정 할 수 있다.

위와 같은 두 가지 전처리기를 거쳐 보정 한 문서 영상을 통해 이후의 과정을 수행한다. 그림 3.3은 기울어짐 왜곡을, 그림 3.4는 시점 왜곡을 보정한 예를 보여준다.

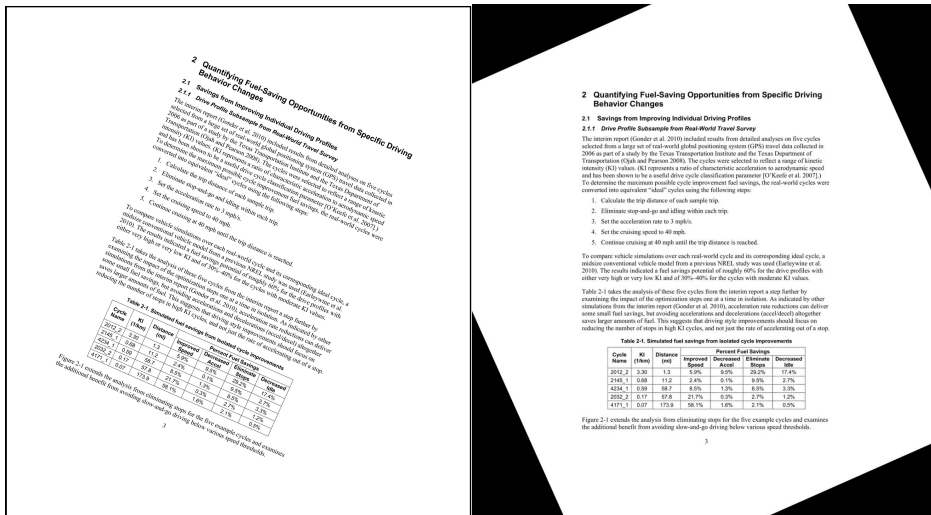


그림 3.3 기울어짐 왜곡 보정 전후 결과

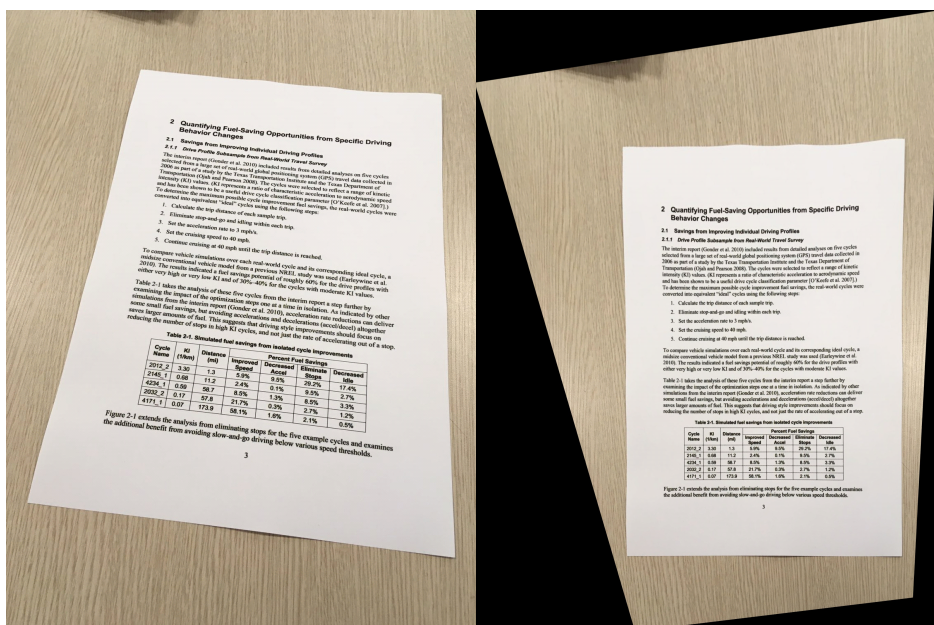


그림 3.4 시점 왜곡 보정 전후 결과

## 3.2 표 검출

광학적인 왜곡을 제거하기 위한 이진화 방식에 있어 기존의 레티넥스 알고리즘 대신 Adaptive Threshold 알고리즘을 이용하였는데 이를 설명한다. 또한 양 옆이 열려 있는 표의 검출을 위한 방법을 설명한다.

### 3.2.1 Adaptive Threshold 알고리즘을 이용한 이진화

스캐너로 취득한 문서 영상과는 달리 일반 카메라로 취득한 문서 영상의 경우에는 광학적인 왜곡이 존재한다. 따라서 이를 제거하여 주는 과정이 필요한데, 일반적인 문턱값을 주어 이진화 과정을 수행하게 되면 각 영역마다 부분적으로 밝고 어두운 결과가 나타날 것이다.

기존의 레티넥스 알고리즘을 이용하는 경우에는 문턱값을 적절하게 선택하여 주어야 한다. 이는 문턱값에 따라서 이진화 되는 정도가 달라질 수 있다는 단점이 있다. 따라서 [5]에서 제안된 Adaptive Threshold 알고리즘을 사용하여 문턱값을 정할 때 주변 픽셀의 값을 참조하게 하도록 할 수 있다.

Adaptive Threshold 알고리즘은 어떠한 지점의 문턱값을 정할 때 주변 픽셀의 값을 참조하게 된다. 이 알고리즘은 각 픽셀마다 서로 다른 문턱값을 사용하는데, 문턱값은 각 픽셀의 주변의 영역을 적당한 크기만큼 참조하여 얻은 밝기 평균에서 일정한 상수를 빼서 결정하게 된다. 이 때 주변 영역을 동일한 가중치를 두는 mean weighted 방법과 가중치를 가우시안 분포로 두는 Gaussian 방법이 있는데 원래 픽셀과 가까울수록 가중치를 더 주는 Adaptive Gaussian Threshold 알고리즘으로 수행하였다. 따라서 각 픽셀에서 가우시안 커널 (Gaussian kernel)을 통과시켜 얻은 밝기 평균에서 일정한 상수를 빼서 결정하게 된다.

구체적인 이진화 과정으로서, 우선 이진화 된 영상을 다음과 같이 구한다.

$$b(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{if } I(x,y) \leq T(x,y) \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서  $T(x,y)$ 는 문턱값으로서, 다음과 같이 구할 수 있다.

$$T(x,y) = WA(x,y) - c$$

이때,  $b(x,y)$ 는 이진화 과정을 거친 영상,  $I(x,y)$ 는 원본 문서 영상,  $T(x,y)$ 는 문턱값.  $WA(x,y)$ 는 각 픽셀 주변 영역을 가우시안 커널을 통과시켜 얻은 밝기 평균,  $c$ 는 상수이다.

레티넥스 알고리즘의 경우 문턱값을 크게 하면, 이진화의 결과가 잘 나오지만 대신 선의 부분의 정보가 많이 손실되어 표의 검출이 잘 되지 않으며, 반대로 문턱값을 작게 하면, 이진화가 잘 되지 않는다는 어려움이 있다. 반면 Adaptive Gaussian Threshold 알고리즘을 항상 주변 픽셀 값을 이용하므로 이를 효율적으로 해결 할 수 있다.

레티넥스 알고리즘을 적용한 영상과 Adaptive Gaussian Threshold 알고리즘을 적용한 영상을 그림 3.5~3.7에 나타내었다. 여기서, 레티넥스 알고리즘의 경우 문턱값을 적절히 조정하였는데, 그림 3.5에서는 레티넥스 알고리즘의 문턱값을 0.1로 주었으며 이 경우 좌상단에 있는 표 2개가 검출되지 않았다. 그림 3.6에서는 레티넥스 알고리즘의 문턱값을 0.05로 주었으며 이 경우 좌상단에 있는 표 2개를 포함하여 모든 표가 검출되었으나 선들의 두께가 굵어져 전체 문서를 또 하나의 표로 인식하는 오검출이 발생하였다. 그림 3.7에서는 Adaptive Gaussian Threshold 알고리즘을 적용하였고, 이진화 결과 레티넥스 알고리즘에 비해서는 잡음이 다소 존재하지만, 궁극적인 목표인 표의 검출이 더 효율적으로 이루어짐을 알 수 있다.

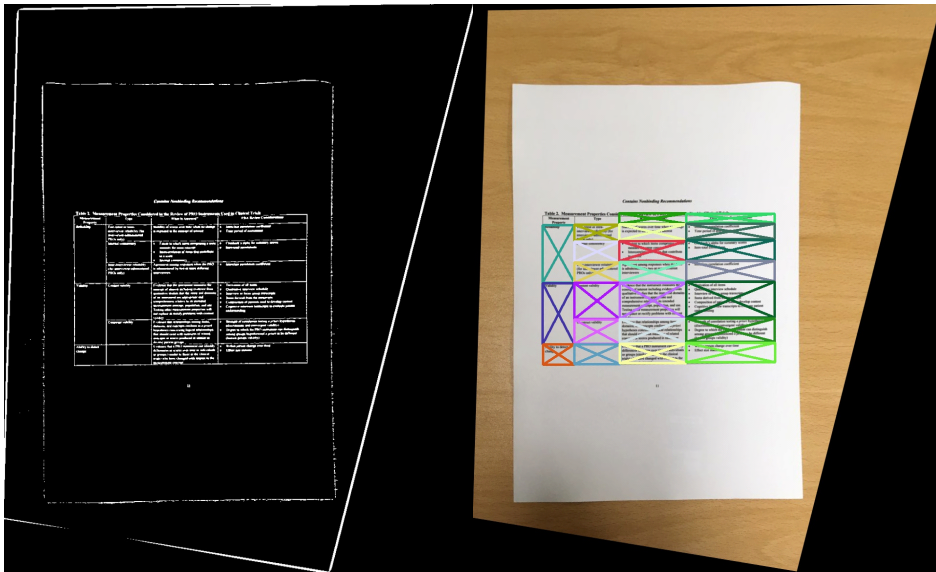


그림 3.5 레티넥스 알고리즘을 이용한 이진화 및 표 검출 결과 (Th=0.1)

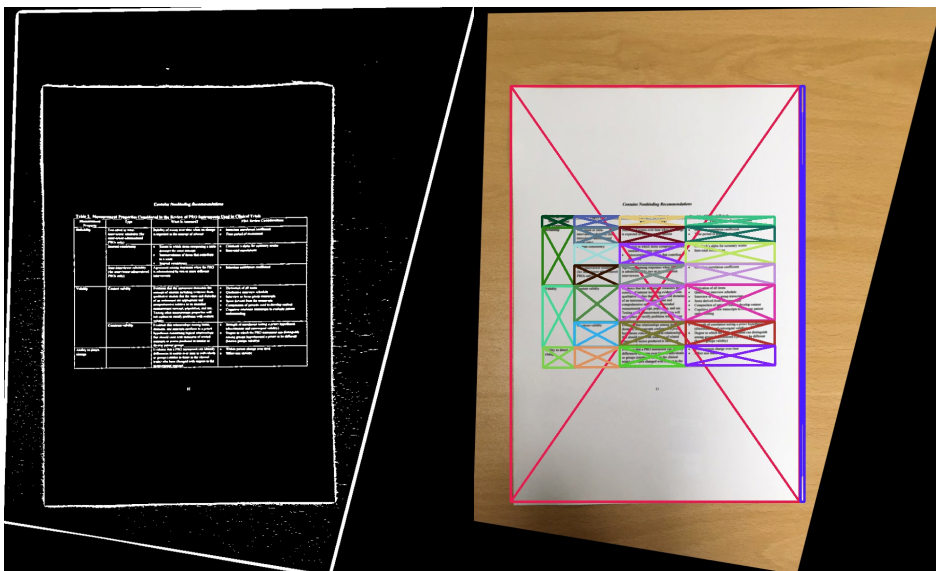


그림 3.6 레티넥스 알고리즘을 이용한 이진화 및 표 검출 결과 (Th=0.05)

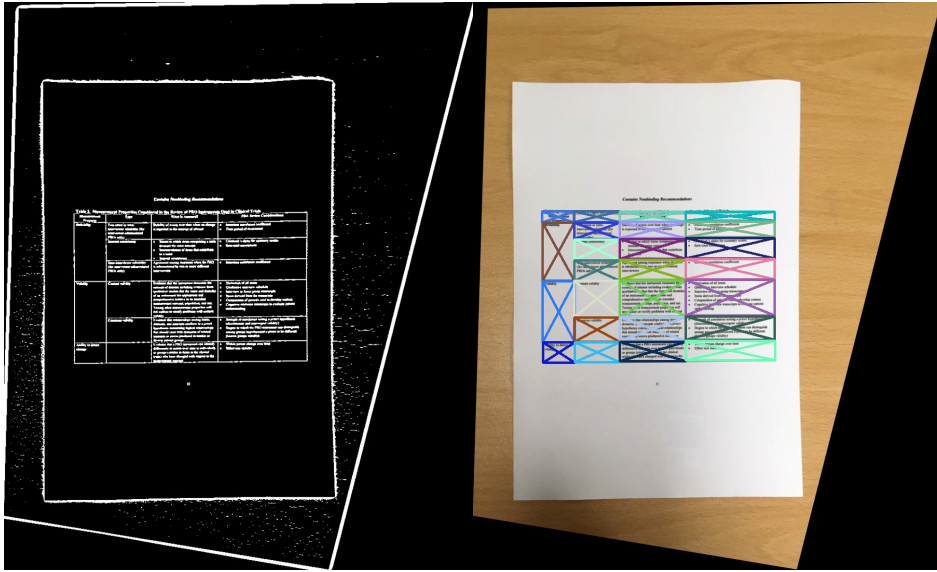


그림 3.7 Adaptive Gaussian Threshold 알고리즘을 이용한 이진화 및 표 검출 결과

### 3.2.2 양쪽이 열린 표의 검출

기존 연구 [4]에서는 교차점 검출을 통해 소실점(vanishing point)을 구하여서 이로부터 나온 직선을 가정하였으므로, 열린 표의 경우 검출이 어려웠다. 본 연구에서는 선 검출(line detection)을 통해 얻은 정보를 바탕으로 열린 표의 경우에 양 끝점을 구하여서 이를 해결하고자 하였다. 일반적으로 양 옆이 열린 표의 경우 다수의 수평선이 존재하지만 수직선이 충분하지 않다는 문제가 있다. 따라서 수평선이 여러 개 존재하고, 수직선이 단 한 개만 존재하는 경우, 기존 방법에서는 단 한 셀이 하나도 존재하지 않아 검출이 불가능하였다. 따라서 본 연구에서는 이러한 경우에도 가운데 존재하는 2개의 교차점을 통해 그 점으로부터 수평선을 따라 각 끝점을 구하여서 그 지점을 수직으로 모두 연결시켜 강제로 닫음으로써 표를 검출하고자 하였다.

각 라인의 끝점을 검출하는 방법은 다음과 같다. 가운데 존재하는  $\text{—}$  형태 또는  $\text{—}$  형태의 교차점을 우선 검출한다. 이후 이 지점에서 수평 방향으로 픽셀 단위로 옮겨가면서 엣지(edge)가 존재하는지 여부를 검출한다. 정확하게 수평이 아닐 수도 있으므로 수직 방향으로 5개의 픽셀을 검출하였다. 교차점의 좌표가  $(x,y)$ 일 때, 수평으로 왼쪽방향 끝점을 검출하는 경우에는  $(x-1,k)$ 를 모두 확인하는 것이다 (단,  $k=y-2\sim y+2$ ). 다만 이 경우에 쓰이는 방법은 양쪽이 열린 표라 할지라도 수직선이 적어도 한 개 존재하여 수평선과 수직선이 겹치는  $\text{—}$  형태 또는  $\text{—}$  형태의 교차점이 존재할 때만이 표의 검출이 가능하다.

그림 3.8에서 기울어짐 왜곡이 있는 경우 열린 표를 검출하는 결과를 나타낸다. Skew correction을 통해 기울어짐 왜곡을 우선 보정한 후 열린 표를 검출한다. 수직선이 하나 존재하므로 이를 기준으로 양 옆의 끝점을 추출하여 표를 검출하였다. 그림 3.9에서 기울어짐 왜곡이 있는 경우 양 끝점이 잘 추출되었음을 확인할 수 있다. 그림 3.10에서 시점 왜곡이 있는 경우 표를 검출하는 결과를 보여준다. Rectification을 수행하여 시점 왜곡을 보정한 후 열린 표를 검출한다. 그림 3.11에서 시점 왜곡이 있는 경우에도 양 끝점이 잘 추출되었음을 확인할 수 있다. 두 경우 모두 열린 표의 검출이 성공적으로 수행되었음을 알 수 있다.



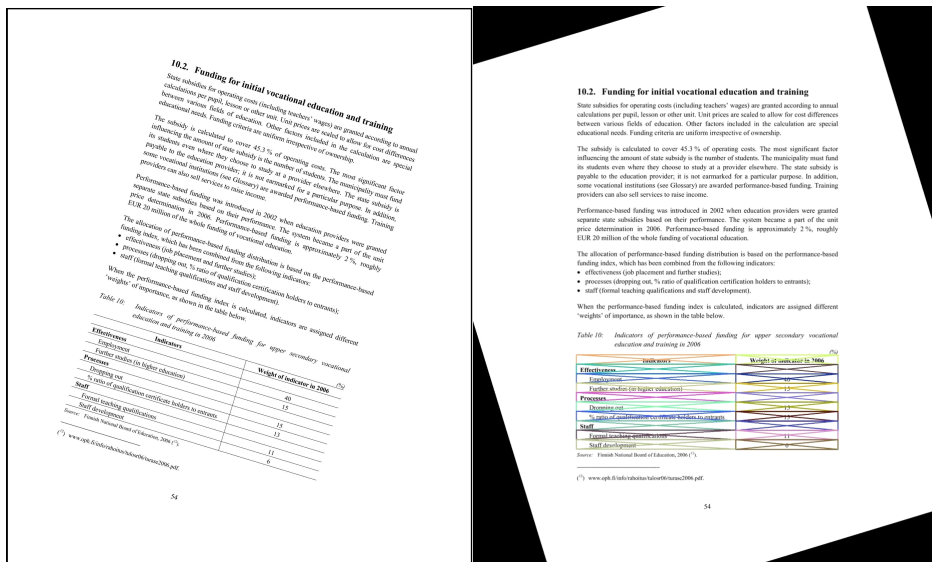


그림 3.8 기울어짐 왜곡이 있는 경우 열린 표 검출 결과

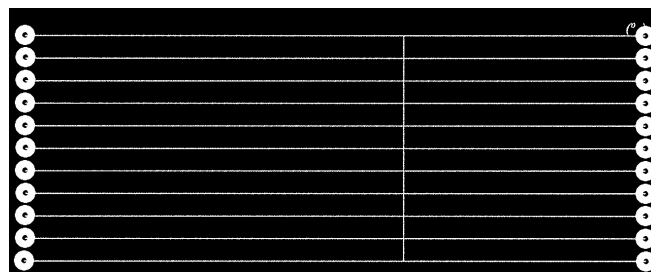


그림 3.9 기울어짐 왜곡이 있는 경우 열린 표 양 끝점 검출 결과

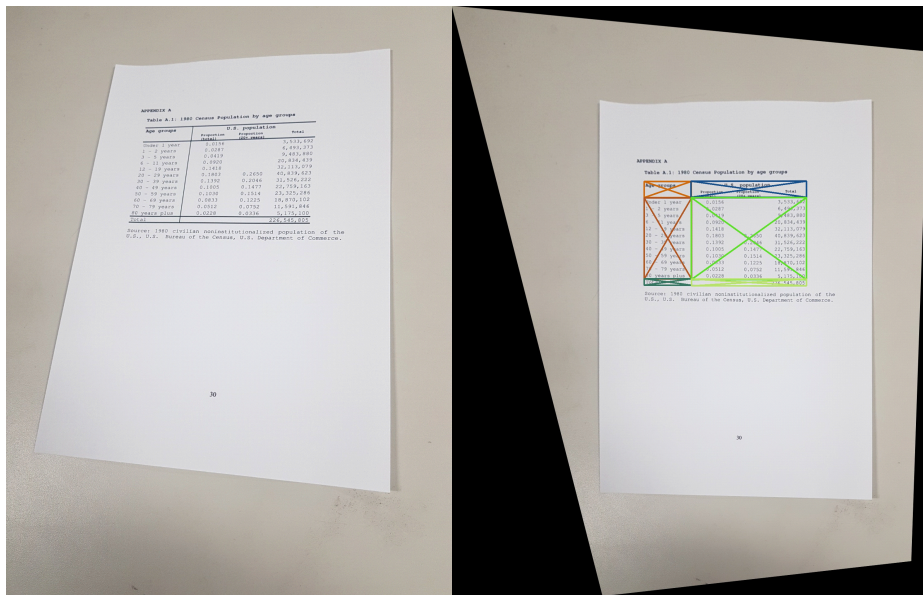


그림 3.10 시점 왜곡이 있는 경우 열린 표 검출 결과

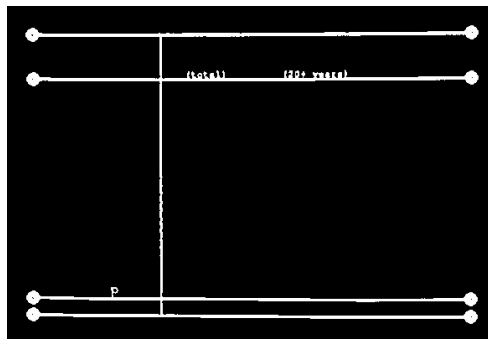


그림 3.11 시점 왜곡이 있는 경우 열린 표 양 끝점 검출 결과

## 제 4 장

### 실험 결과

본 절에서는 제안하는 방법을 이용하여 평판 스캐너 및 카메라로 취득한 문서 영상에서 표를 검출하는 실험을 진행하였다.

그림 4.1과 그림 4.2는 기울어짐 왜곡이 존재하는 문서 영상에서 닫힌 표가 있는 경우 제안한 알고리즘을 수행한 결과이다. 그림 4.1은 하나의 표만 존재하는 경우에 그림 4.2는 두 개 이상의 표가 존재하는 경우에 대해 나타내었다. 각각의 입력 영상에서 기울어짐 왜곡을 보정한 결과를 그림 4.1(b)와 그림 4.2(b)에 나타내었다. 이에 대하여 제안한 이진화 과정을 거친 결과를 그림 4.1(c)와 그림 4.2(c)에 나타내었다. 기울어짐 왜곡이 존재하더라도 닫힌 표의 경우는 표를 잘 검출함을 확인할 수 있으며, 이를 그림 4.1(d)와 그림 4.2(d)에 나타내었다.

그림 4.3과 그림 4.4는 시점 왜곡이 존재하는 문서 영상에서 닫힌 표가 있는 경우 제안한 알고리즘을 수행한 결과이다. 그림 4.3은 하나의 표만 존재하는 경우에, 그림 4.4는 두 개 이상의 표가 존재하는 경우에 대해 나타내었다. 각각의 입력영상에서 시점 왜곡을 보정한 결과를 그림 4.3(b)와 그림 4.4(b)에 나타내었다. 제안한 이진화 과정을 거친 결과를 그림 4.3(c)와 그림 4.3(d)에 나타내었다. 시점 왜곡이 존재하더라도 닫힌 표의 경우는 표를 잘 검출함을 확인할 수 있으며, 이를 그림 4.3(d)와 그림 4.4(d)에 나타내었다.

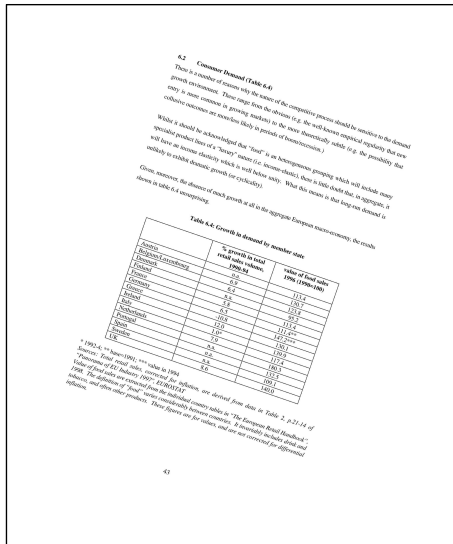
그림 4.5와 그림 4.6은 닫힌 표가 한 개 이상 존재하지만 양 옆은 열린 표의 경우에 대하여 제안한 알고리즘을 수행한 결과를 나타낸다. 그림 4.5는 기울어짐 왜곡이 존재하는 경우, 그림 4.6은 시점 왜곡이 존재하는 경우를 나타내었다. 각각의 입력영상에서 시점 왜곡을 보정한 결과는 그림 4.5(b)와 그림 4.6(b)에 나타내었고, 제안한 이진화 과정을 거친 결과는 그림 4.5(c)와 그림 4.6(c)에 나타내었다. 양 옆이 열린 표의 경우에도 표를 잘 검출함을 확인할 수 있으며, 이를 그림 4.5(d)와 그림 4.6(d)에 나타내었다.

그림 4.7과 그림 4.8은 닫힌 표가 없이 교차점이 내부에 존재하는 양 옆이 열린 표에 대해 실험한 결과를 나타낸다. 그림 4.7는 기울어짐 왜곡이 존재하는 경우 그림 4.8은 시점 왜곡이 존재하는 경우를 나타내었다. 각각의 입력영상에서 시점 왜곡을 보정한 결과는 그림 4.7(b)와 그림 4.8(b)에 나타내었고, 제안한 이진화 과정을 거친 결과는 그림 4.7(c)와 그림 4.8(c)에 나타내었다. 닫힌 표는 존재하지 않으나 표 내부에 교차점이 존재하는 양 옆이 열린 표의 경우에도 표를 잘 검출함을 확인할 수 있으며, 이를 그림 4.7(d)와 그림 4.8(d)에 나타내었다.

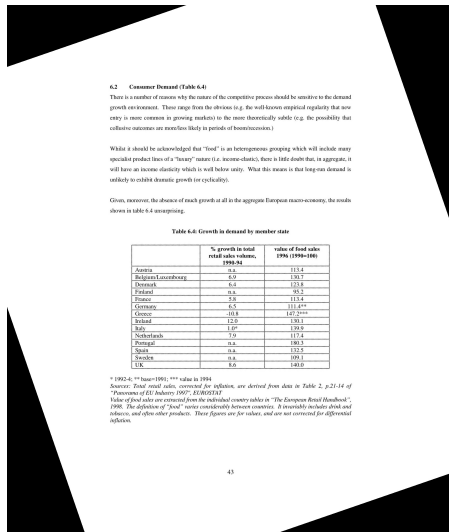
표 4.1은 스캐너로 얻은 문서 영상 30개, 스마트폰 카메라로 얻은 문서 영상 50개, 총 80개의 문서영상에 대하여 실험을 한 결과로서, 표에서 보는 바와 같이 각각의 왜곡이 제거됨에 따라 표 검출의 성능이 향상됨을 알 수 있다.

표 4.1 각 왜곡 제거에 따른 표 검출률

취득 방법	Groundtruth	원영상	기울어짐 보정	시점 왜곡 보정
스캐너	726	529 (72.9%)	<b>617</b> <b>(85.0%)</b>	503 (69.3%)
카메라	1017	677 (66.6%)	724 (71.2%)	<b>732</b> <b>(72.0%)</b>

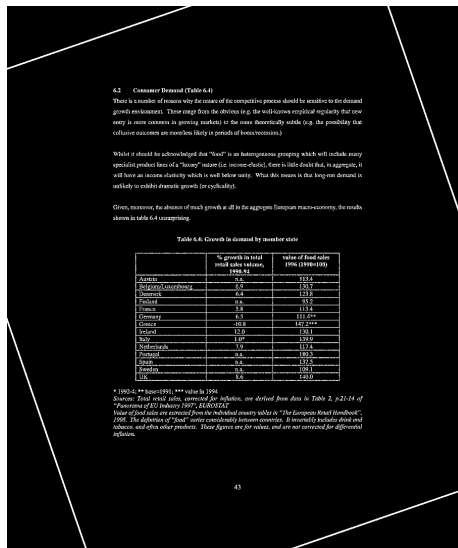


(a)

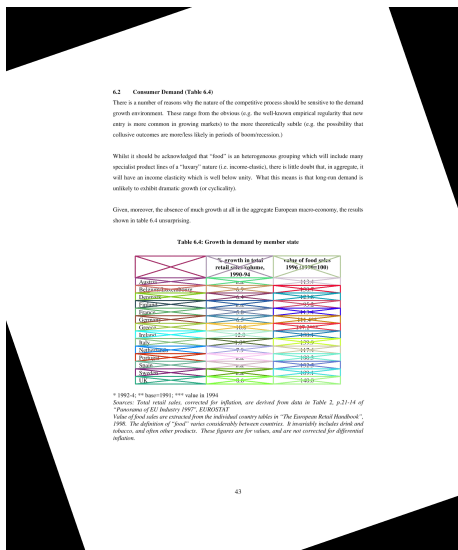


(b)

그림 4.1 기울어짐 왜곡이 존재하는 하나의 표에 대한 실험 결과  
(a) 입력 영상 (b) 기울어짐 왜곡 보정 후 영상



(c)




(d)

그림 4.1 기올어집 왜곡이 존재하는 하나의 표에 대한 실험 결과  
(c) 이진화 결과 영상 (d) 표 검출 결과 영상

[illegible]

CESR



Appendix 1 – Summary of analysis of the application of the amendment to IAS 39 and IFRS 7

Number of member states where financial companies applied the amendment

	All companies analysed	IFRS Eurozone 100 companies analysed
Number of member states in the analysis	27	8
Number of member states where one or more of the financial companies applied the amendment	11	8

Number of financial companies that applied the amendment to IAS 39 and IFRS 7

	Number of financial companies analysed	IFRS of all financial companies analysed	Number of financial companies on IFRS Eurozone 100	IFRS of financial companies on IFRS Eurozone 100
2 reclassifications	53	22%	18	21%
3 reclassifications	26	11%	7	8%
2 reclassifications	11	5%	2	2%
2 reclassifications	5	2%	2	2%
4 reclassifications	4	2%	1	1%
Total	100	100%	30	36%

Reclassifications by category

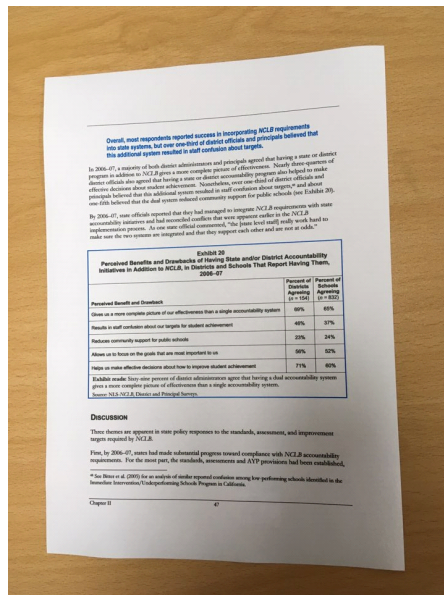
	Reclassification from fair value through profit and loss to non-recurrent	Reclassification from available-for-sale to non-recurrent	Reclassification from fair value through profit and loss to available-for-sale	Reclassification from fair value through profit and loss to equity	Total
Number of financial companies who applied the option for this category	27	16	23	13	81
Percentage of all financial companies analysed who applied the option for this category	33%	20%	28%	19%	100%
Number of financial companies who chose the requirements over 'option'	8	3	4	2	19

- 8 -

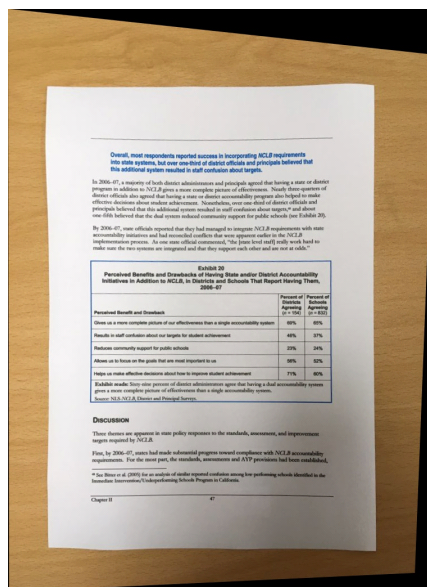
그림 4.2 기울어짐 왜곡이 존재하는 두 개 이상의 표에 대한 실험 결과  
(a) 입력 영상 (b) 기울어짐 왜곡 보정 후 영상





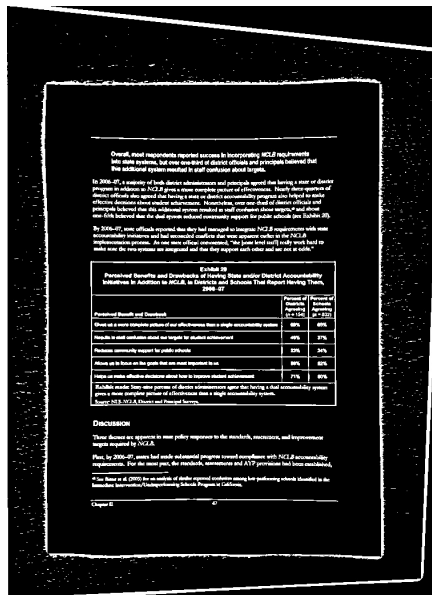


(a)

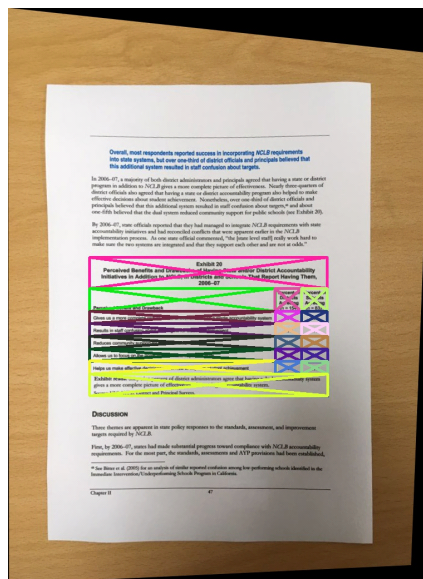


(b)

그림 4.3 시점 왜곡이 존재하는 하나의 표에 대한 실험 결과  
(a) 입력 영상 (b) 시점 왜곡 보정 후 영상



(c)



(d)

그림 4.3 시점 왜곡이 존재하는 하나의 표에 대한 실험 결과

(c) 이진화 결과 영상 (d) 표 검출 결과 영상

Table 4.1: Size of the market across the member states

	per capita GDP (1995)	population (1995)	Number of food outlets (1995)	inhabitants per outlet (1995)	Retail sales per capita (1995)
Germany	27.5	81.8	413.3	196	171
France	24.9	58.1	345.4	168	76
UK	18.7	58.4	209.9	282	175
Italy	19.0	57.1	427.2	93	148
Spain	13.6	39.3	440.3	89	49
Netherlands	24.9	15.4	171.3	135	41
Belgium-Lux	25.7	10.0	150	65	31
Denmark	8.2	10.4	120.7	81	25
Austria	8.7	8.5	104.8	76	20
Sweden	23.4	8.8	51.8	167	39
Finland	26.9	5.1	37.7	214	31
Denmark	29.9	5.1	40.9	128	37
Finland	26.9	5.1	37.7	214	31
Ireland	14.7	3.6	33.3	101	14
EU-12 Total	14.7	373.3	3738.5	115	1585

Sources: for GDP and population: World Bank, "World Atlas 1997" for number of outlets and their sales, Corporate Intelligence on Retailing, as reported in "The European Retail Handbook 1996" for the latest available year.

Table 4.2: Numbers of Retail Food Outlets across the member states

	population (1995)	number of food outlets (1995)	inhabitants per outlet (1995)	number of food outlets (1992)	inhabitants per outlet (1992)
Germany	81.8	413	196	48	152
France	58.1	345	167	87	670
UK	58.4	210	190	40	145
Italy	57.1	427	93	296	193
Spain	39.3	440	89	779	51
Netherlands	15.4	171	135	21	748
Belgium-Lux	10.0	150	65	27	369
Denmark	10.4	121	81	54	198
Austria	8.5	105	76	14	609
Sweden	8.8	52	167	7	1157
Finland	8.1	38	214	12	646
Denmark	5.1	41	128	7	743
Finland	5.1	38	135	8	342
Ireland	3.6	33	101	876	421
EU-12 Total	373.3	4264.5	887	876	421

Sources: \* Ed Distribution Alimentaire, AC Nielsen, 1996; \*\* "Retailing in the European Economic Area", EUROSTAT, 1996.

(a)

Table 4.1: Size of the market across the member states

	per capita GDP (1995)	population (1995)	Number of food outlets (1995)	inhabitants per outlet (1995)	Retail sales per capita (1995)
Germany	27.5	81.8	413.3	196	171
France	24.9	58.1	345.4	168	76
UK	18.7	58.4	209.9	282	175
Italy	19.0	57.1	427.2	93	148
Spain	13.6	39.3	440.3	89	49
Netherlands	24.9	15.4	171.3	135	41
Belgium-Lux	25.7	10.0	150	65	31
Denmark	8.2	10.4	120.7	81	25
Austria	8.7	8.5	104.8	76	20
Sweden	23.4	8.8	51.8	167	39
Finland	26.9	5.1	37.7	214	31
Denmark	29.9	5.1	40.9	128	37
Finland	26.9	5.1	37.7	214	31
Ireland	14.7	3.6	33.3	101	14
EU-12 Total	14.7	373.3	3738.5	115	1585

Sources: for GDP and population: World Bank, "World Atlas 1997" for number of outlets and their sales, Corporate Intelligence on Retailing, as reported in "The European Retail Handbook 1996" for the latest available year.

Table 4.2: Numbers of Retail Food Outlets across the member states

	population (1995)	number of food outlets (1995)	inhabitants per outlet (1995)	number of food outlets (1992)	inhabitants per outlet (1992)
Germany	81.8	413	196	48	152
France	58.1	345	167	87	670
UK	58.4	210	190	40	145
Italy	57.1	427	93	296	193
Spain	39.3	440	89	779	51
Netherlands	15.4	171	135	21	748
Belgium-Lux	10.0	150	65	27	369
Denmark	10.4	121	81	54	198
Austria	8.5	105	76	14	609
Sweden	8.8	52	167	7	1157
Finland	8.1	38	214	12	646
Denmark	5.1	41	128	7	743
Finland	5.1	38	135	8	342
Ireland	3.6	33	101	876	421
EU-12 Total	373.3	4264.5	887	876	421

Sources: \* Ed Distribution Alimentaire, AC Nielsen, 1996; \*\* "Retailing in the European Economic Area", EUROSTAT, 1996.

(b)

그림 4.4 시점 왜곡이 존재하는 두 개 이상의 표에 대한 실험 결과  
(a) 입력 영상 (b) 시점 왜곡 보정 후 영상

Table 4.1: Size of the market across the member states

	per capita GDP (1995)	per capita GDP (1995)	number of inhabitants per million	total market size	total sales per capita GDP (1995)
Germany	31.2	31.2	23.5	741	23.5
France	25.0	25.0	54.4	1360	54.4
Italy	19.0	19.0	56.8	1079	56.8
Spain	13.0	13.0	40.2	522	40.2
Netherlands	22.0	22.0	16.0	352	16.0
Portugal	10.0	10.0	11.0	110	11.0
Greece	9.0	9.0	11.0	99	11.0
Ireland	12.0	12.0	0.4	5	0.4
Belgium	20.0	20.0	10.4	208	10.4
Austria	20.0	20.0	8.2	164	8.2
Sweden	25.0	25.0	8.2	164	8.2
Finland	20.0	20.0	5.3	106	5.3
Denmark	20.0	20.0	5.3	106	5.3
UK	20.0	20.0	5.3	106	5.3
EU15 Total	17.5	17.5	10.5	210	10.5

Sources: per GDP and population, World Bank, "World Atlas 1997"; for number of sales and per capita sales, Corporate Inquiries on Retail, as reported in "The European Retail Handbook 1998" for the latest available year.

Table 4.2: Numbers of Retail Food Outlets across the member states

	per capita GDP (1995)	per capita GDP (1995)	number of inhabitants per million	total market size	total sales per capita GDP (1995)
Germany	31.2	31.2	23.5	741	23.5
France	25.0	25.0	54.4	1360	54.4
Italy	19.0	19.0	56.8	1079	56.8
Spain	13.0	13.0	40.2	522	40.2
Netherlands	22.0	22.0	16.0	352	16.0
Portugal	10.0	10.0	11.0	110	11.0
Greece	9.0	9.0	11.0	99	11.0
Ireland	12.0	12.0	0.4	5	0.4
Belgium	20.0	20.0	10.4	208	10.4
Austria	20.0	20.0	8.2	164	8.2
Sweden	25.0	25.0	8.2	164	8.2
Finland	20.0	20.0	5.3	106	5.3
Denmark	20.0	20.0	5.3	106	5.3
UK	20.0	20.0	5.3	106	5.3
EU15 Total	17.5	17.5	10.5	210	10.5

Sources: per GDP and population, World Bank, "World Atlas 1997"; for number of sales and per capita sales, Corporate Inquiries on Retail, as reported in "The European Retail Handbook 1998" for the latest available year.

(c)

Table 4.1: Size of the market across the member states

	per capita GDP (1995)	per capita GDP (1995)	number of inhabitants per million	total market size	total sales per capita GDP (1995)
Germany	31.2	31.2	23.5	741	23.5
France	25.0	25.0	54.4	1360	54.4
Italy	19.0	19.0	56.8	1079	56.8
Spain	13.0	13.0	40.2	522	40.2
Netherlands	22.0	22.0	16.0	352	16.0
Portugal	10.0	10.0	11.0	110	11.0
Greece	9.0	9.0	11.0	99	11.0
Ireland	12.0	12.0	0.4	5	0.4
Belgium	20.0	20.0	10.4	208	10.4
Austria	20.0	20.0	8.2	164	8.2
Sweden	25.0	25.0	8.2	164	8.2
Finland	20.0	20.0	5.3	106	5.3
Denmark	20.0	20.0	5.3	106	5.3
UK	20.0	20.0	5.3	106	5.3
EU15 Total	17.5	17.5	10.5	210	10.5

Sources: per GDP and population, World Bank, "World Atlas 1997"; for number of sales and per capita sales, Corporate Inquiries on Retail, as reported in "The European Retail Handbook 1998" for the latest available year.

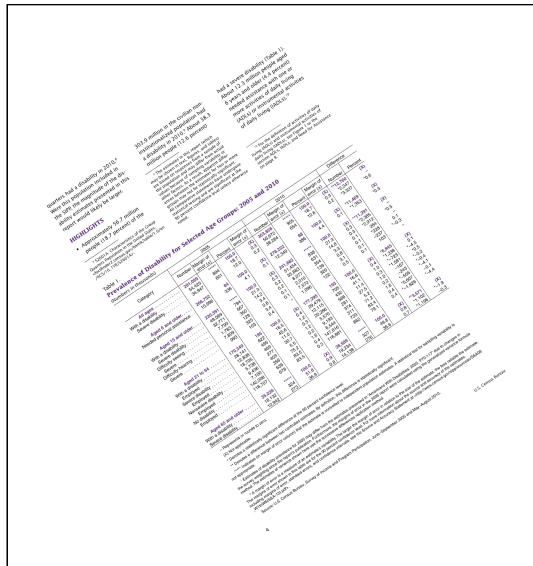
Table 4.2: Numbers of Retail Food Outlets across the member states

	per capita GDP (1995)	per capita GDP (1995)	number of inhabitants per million	total market size	total sales per capita GDP (1995)
Germany	31.2	31.2	23.5	741	23.5
France	25.0	25.0	54.4	1360	54.4
Italy	19.0	19.0	56.8	1079	56.8
Spain	13.0	13.0	40.2	522	40.2
Netherlands	22.0	22.0	16.0	352	16.0
Portugal	10.0	10.0	11.0	110	11.0
Greece	9.0	9.0	11.0	99	11.0
Ireland	12.0	12.0	0.4	5	0.4
Belgium	20.0	20.0	10.4	208	10.4
Austria	20.0	20.0	8.2	164	8.2
Sweden	25.0	25.0	8.2	164	8.2
Finland	20.0	20.0	5.3	106	5.3
Denmark	20.0	20.0	5.3	106	5.3
UK	20.0	20.0	5.3	106	5.3
EU15 Total	17.5	17.5	10.5	210	10.5

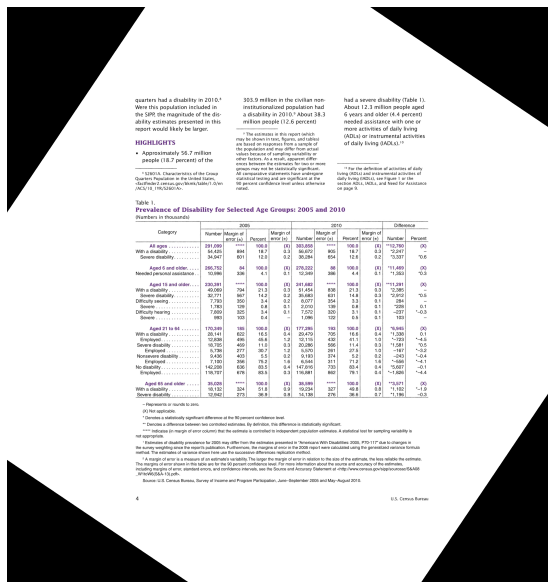
Sources: per GDP and population, World Bank, "World Atlas 1997"; for number of sales and per capita sales, Corporate Inquiries on Retail, as reported in "The European Retail Handbook 1998" for the latest available year.

(d)

그림 4.4 시점 왜곡이 존재하는 두 개 이상의 표에 대한 실험 결과  
(c) 이진화 결과 영상 (d) 표 검출 결과 영상



(a)



(b)

그림 4.5 기울어짐 왜곡 및 내부에 닫힌 표가 한 개 이상 존재하는 열린 표에 대한 실험 결과 (a) 입력 영상 (b) 기울어짐 왜곡 보정 후 영상







...had a disability in 2010. More than 10 million people aged 65 and older in the United States are projected to have a disability in 2030, up from 8 million in 2010. The number of people aged 65 and older with a disability is projected to increase by 50 percent by 2030.

**HIGHLIGHTS**

- Approximately 10.7 million people (13.7 percent) of the population aged 65 and older had a disability in 2010.
- The number of people aged 65 and older with a disability is projected to increase by 50 percent by 2030.
- The number of people aged 65 and older with a disability is projected to increase by 50 percent by 2030.

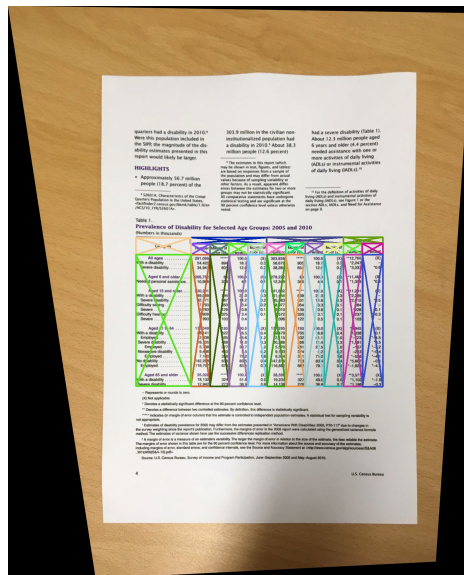
**Table 1. Prevalence of Disability for Selected Age Groups: 2010 and 2030**

(Numbers in thousands)

Age Group	2010	2030	2010	2030	2010	2030
	Total	Total	Male	Female	Total	Total
All people aged 65 and older	10,700	16,100	5,400	5,300	10,700	16,100
White	6,800	10,200	3,500	3,300	6,800	10,200
Black	1,800	2,800	1,000	800	1,800	2,800
Hispanic	1,100	1,800	600	500	1,100	1,800
Asian	800	1,300	400	400	800	1,300
Native Hawaiian	200	300	100	100	200	300
Other	100	100	50	50	100	100
People aged 65 and older with a disability	10,700	16,100	5,400	5,300	10,700	16,100
White	6,800	10,200	3,500	3,300	6,800	10,200
Black	1,800	2,800	1,000	800	1,800	2,800
Hispanic	1,100	1,800	600	500	1,100	1,800
Asian	800	1,300	400	400	800	1,300
Native Hawaiian	200	300	100	100	200	300
Other	100	100	50	50	100	100

Source: U.S. Census Bureau, Bureau of Economic Analysis, and Program Participation, "Social Security Disability Insurance and Supplemental Security Income, August 2010."

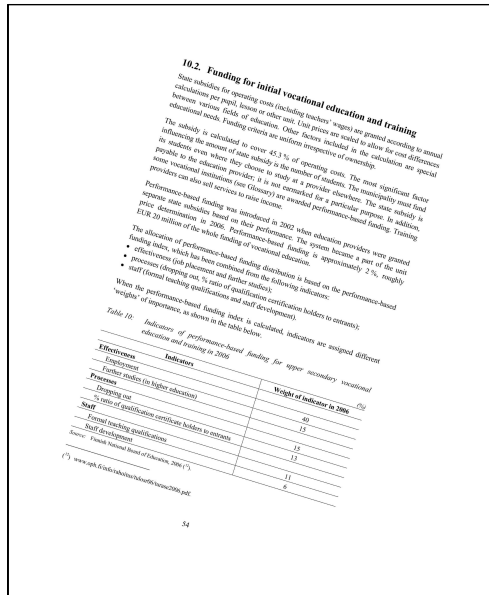
(c)



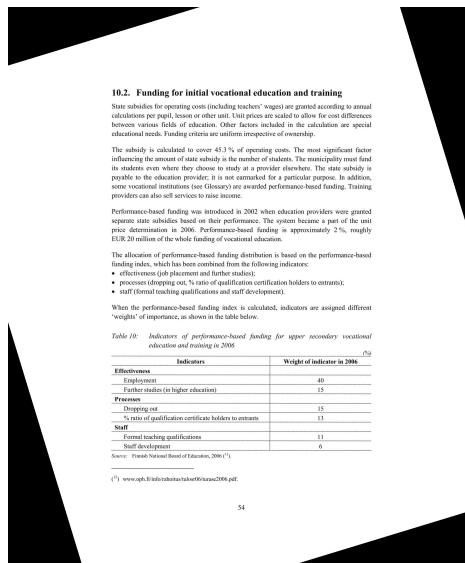
(d)

그림 4.6 시점 왜곡 및 내부에 닫힌 표가 한 개 이상 존재하는 열린 표에 대한 실험 결과 (c) 이진화 결과 영상 (d) 표 검출 결과 영상



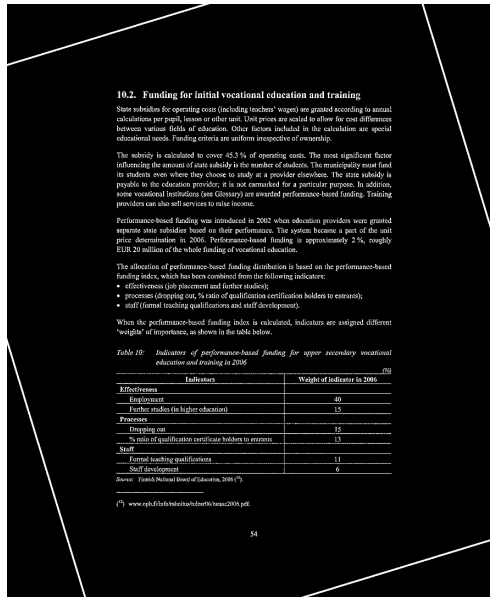


(a)

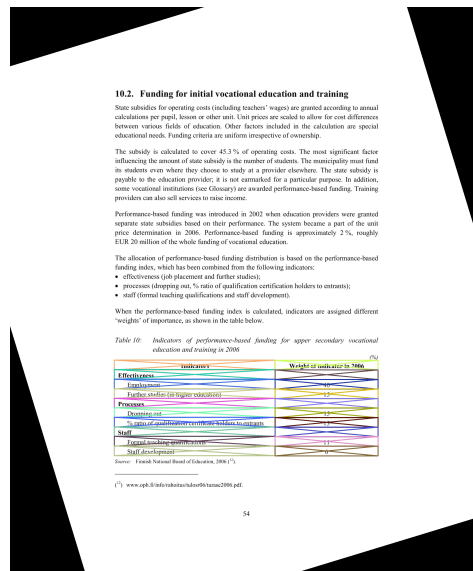


(b)

그림 4.7 기울어짐 왜곡이 있고, 닫힌 표 없이 내부에 교차점이 존재하는 열린 표에 대한 실험 결과 (a) 입력 영상 (b) 기울어짐 왜곡 보정 후 영상

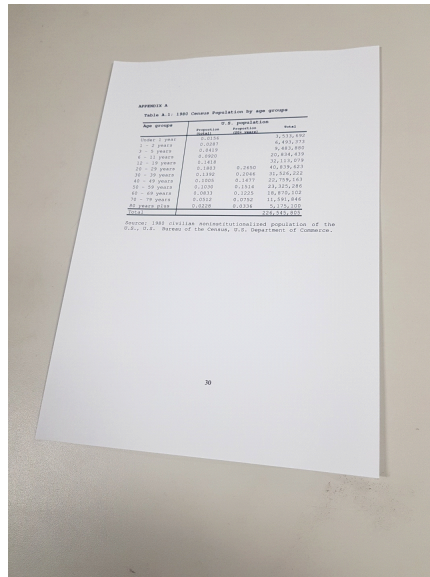


(c)

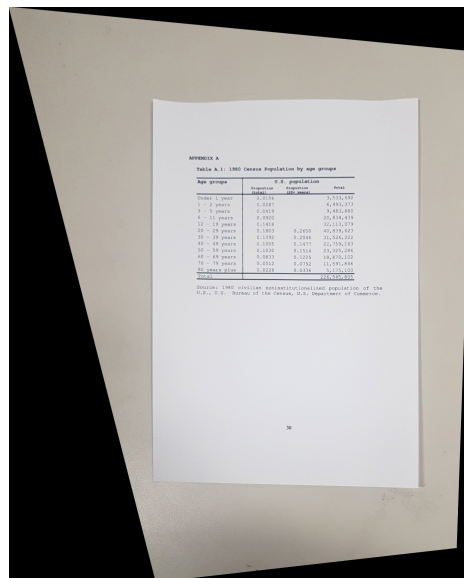


(d)

그림 4.7 기울어짐 왜곡이 있고, 닫힌 표 없이 내부에 교차점이 존재하는 열린 표에 대한 실험 결과 (c) 이진화 결과 영상 (d) 표 검출 결과 영상

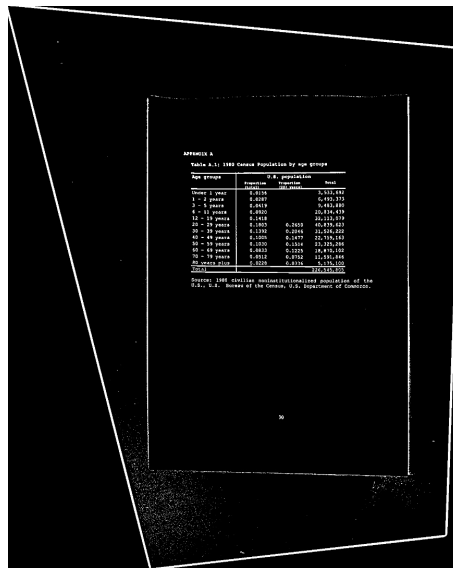


(a)

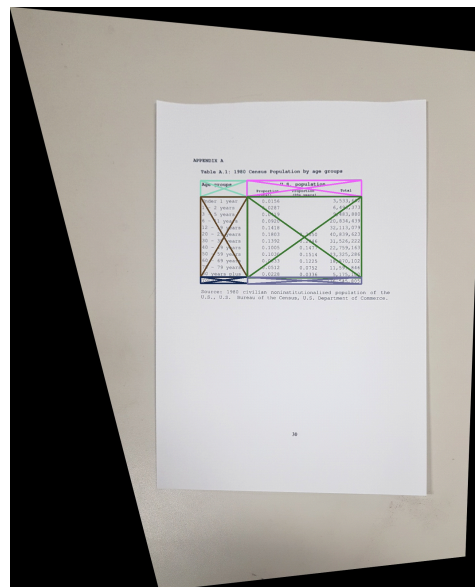


(b)

그림 4.8 시점 왜곡이 있고, 닫힌 표 없이 내부에 교차점이 존재하는 열린 표에 대한 실험 결과 (a) 입력 영상 (b) 시점 왜곡 보정 후 영상



(c)



(d)

그림 4.8 시점 왜곡이 있고, 닫힌 표 없이 내부에 교차점이 존재하는 열린 표에 대한 실험 결과 (c) 이진화 결과 영상 (d) 표 검출 결과 영상

## 제 5 장

### 결론

본 논문에서는 평판 스캐너 뿐만 아니라 카메라로 취득된 문서 영상에서도 표를 검출 하기 위한 방법을 제안하였다. 즉, 기존 연구에서는 주로 평판 스캐너로 취득된 문서 영상에서 표를 찾는 것으로 국한된 경우가 많았는데, 본 연구에서는 카메라로 취득된 문서 영상에서도 표를 잘 검출하는 방법을 개발한 것이다. 특히, 다양한 방식으로 취득된 문서 영상은 기하학적 및 광학적인 왜곡이 존재하는데, 제안한 방법에서는 이러한 왜곡을 보정하는 전처리 작업에 중점을 두어 연구를 진행했다. 구체적으로, 기하학적 왜곡 보정의 경우, 평판 스캐너로 취득한 문서 영상에 주로 존재하는 기울어짐 왜곡과 카메라로 취득한 문서 영상에 주로 존재하는 시점 왜곡을 보정해주어 효과적인 표의 인식 등을 가능케 하였다. 또한 광학적인 왜곡의 경우 이진화 과정을 거쳐 제거하는 방식을 택하였다. 즉, 기존의 방법인 레티넥스 알고리즘의 경우 미리 문턱값을 결정하여 임의적이라는 단점이 있게 되므로, Adaptive Gaussian Threshold 알고리즘을 사용하여 이진화 과정을 수행하였다. 제안한 방법을 통하여 주변 픽셀의 정보를 통해 문턱값을 결정함으로써 보다 효율적인 표 등의 검출을 가능케 하였다. 마지막으로 교차점이 모두 존재하여 닫혀 있는 표의 경우에만 검출되는 기존의 방법을 개선하기 위한 방법을 제안하였다. 수직선이 단 하나만 있는 경우에는 닫힌 표를 구성할 수 있는 충분

한 교차점이 존재하지 않게 된다. 이 경우에도 내부에 존재하는 소수의 교차점을 통해 그 점으로부터 수평선을 따라 각 끝점을 구하는 방식으로 표를 검출하는 방법을 제안하였다. 이를 통해 양 옆이 열린 표 또한 검출 빈도를 높일 수 있었다. 다만, 이 방법의 경우 수평선만 존재하여 교차점이 하나도 존재하지 않는 경우에는 표 검출이 어렵다는 한계가 있다.

실험 결과, 기하학적 및 광학적인 왜곡을 보정 하는 전처리 작업을 통해 효율적으로 표가 검출됨을 확인할 수 있었다. 또한 기존의 교차점 방식에서는 검출이 되지 않았던 열린 표가 포함된 문서 영상의 경우에서도 효과적으로 표를 검출해 낼 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- [1] Liang, Jian, David Doermann, and Huiping Li. "Camera-based analysis of text and documents: a survey," *International Journal on Document Analysis and Recognition*, vol. 7, no. 2-3, pp. 84-104, 2005.
- [2] Shafait, F, Smith, R, "Table detection in heterogeneous documents," In *Proceedings of the 9th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS)*, pp. 65-72, 2010.
- [3] Brainard, David H., and Brian A. Wandell, "Analysis of the retinex theory of color vision." *JOSA A* vol. 3, no. 10, pp. 1651-1661, 1986.
- [4] Wonkyo Seo, Hyung Il Koo, and Nam Ik Cho, "Junction-based Table Detection in Camera-captured Document Images," *International Journal on Document Analysis and Recognition*, vol. 18, no. 1, pp. 47-57, 2015.
- [5] Singh, T. R., Roy, S., Singh, O. I., Sinam, T., and Singh, K. M., "A New Local Adaptive Thresholding Technique in Binarization," *International Journal of Computer Science Issues*, vol.8, issue 6, no 2, pp. 271-277, 2011.
- [6] Gatos, B., Danatsas, D., Pratikakis, I., and Perantonis, S. J, "Automatic table detection in document images," *International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis*, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 609-618, 2005.
- [7] Kieninger, T., and Dengel, A, "A paper-to-HTML table converting system," In *Proceedings of Document Analysis Systems (DAS)*, vol.98, pp. 356-365, 1998.
- [8] Kieninger, T., and Dengel, A, "Table recognition and labeling

- using intrinsic layout features,” In International Conference on Advances in Pattern Recognition, Springer, London, pp. 307–316, 1999.
- [9] Kieninger, T., and Dengel, A, “Applying the T-RECS table recognition system to the business letter domain,” In Proceedings of Sixth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), Seattle, Washington, pp. 518–522, 2001.
  - [10] Hu, J., Kashi, R. S., Lopresti, D. P., and Wilfong, G, “Medium-independent table detection,” In Document Recognition and Retrieval VII vol. 3967, International Society for Optics and Photonics, pp. 291–303, 1999.
  - [11] Wang, Y., Phillipst, I. T., and Haralick, R, “Automatic table ground truth generation and a background-analysis-based table structure extraction method,” In Proceedings of Sixth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), Seattle, Washington, pp. 528–532, 2001.
  - [12] Harit, G., and Bansal, A, “Table detection in document images using header and trailer patterns,” In Proceedings of the Eighth Indian Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing, ACM, p. 62, 2012.
  - [13] e Silva, A. C, “Learning rich hidden markov models in document analysis: Table location,” In Proceedings of 10th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), Barcelona, pp. 843–847, 2009.
  - [14] Kasar, T., Barlas, P., Adam, S., Chatelain, C., and Paquet, T, “Learning to detect tables in scanned document images using line information,” In Proceedings of 12th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), pp. 1185–1189, 2013.
  - [15] Hao, L., Gao, L., Yi, X., and Tang, Z, “A table detection method



- for pdf documents based on convolutional neural networks,” In Proceedings of the 12th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS), pp. 287–292, 2016.
- [16] Jahan, M. A., and Ragel, R. G., “Locating tables in scanned documents for reconstructing and republishing,” In Proceedings of 7th International Conference on Information and Automation for Sustainability (ICIAfS), pp. 1–6, 2014.
- [17] Anh, Tran Tuan., In Seop, Na., and Soo Hyung, Kim., “A hybrid method for table detection from document image,” In Pattern Recognition (ACPR), 2015 3rd IAPR Asian Conference on. IEEE, pp. 131–135, 2015.
- [18] Gilani, A., Qasim, S. R., Malik, I., and Shafait, F., “Table Detection using Deep Learning,” In Proceedings of 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), vol. 1, pp. 771–776, 2017.
- [19] Hyung Il Koo, and Nam Ik Cho, “Robust skew estimation using straight lines in document images,” Journal of Electronic Imaging, vol. 25, issue 3, 2016.
- [20] Jaehyun An, Hyung Il Koo, and Nam Ik Cho, “Rectification of planar targets using line segments,” Machine Vision and Applications, vol. 28, issue 1, pp. 91–100, 2017.

## Abstract

# Efficient Table Detection in Document Images Through Preprocessor for Distortion Correction

Ji Chull, Jeong

Electrical and Computer Engineering

The Graduate School

Seoul National University

The development of electronic devices such as smart phones and digital cameras have enabled a new way of acquiring document images, in addition to the traditional method of using a flatbed scanner. As a result, various forms of distortions, which were unseen with the flatbed scanner, are introduced to the document images. Hence, for understanding the components such as text, figures, and tables included in document images acquired through the flatbed scanner and camera, it is necessary to correct these distortions. In addition, it is more difficult to analyze the document image structure when various components such as tables and pictures are included.

In this paper, we propose an efficient method for table detection using a preprocessor for distortion correction in document images that have been acquired through various devices. Document images acquired by flatbed scanners mainly have skew distortions, and those acquired by cameras mainly have perspective distortions. In order to correct such geometric distortions, we develop a preprocessor for the

rectification of document images. Also, a binarization operation is also performed to cope with optical distortions. Since tables consist of only lines, we first detect all of the lines and their intersections, and then use a labeling process. However, as shown in a prior research using such a junction, there can be some difficulties when detecting tables with open sides at both ends that did not have a perfect intersection of four corners. To alleviate this problem, we also present a new method for detecting tables with open sides, by finding both ends of the line based on the results of the line detection.

Experimental results show that the proposed method performs well for the document images that are acquired both from flatbed scanners and cameras. The results also show that the tables with open sides can be detected very well.

**keywords : table, table detection, distortion correction,  
preprocessor**

***Student Number : 2014-21700***